

00 P23731



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 58 192 C 2

51 Int. Cl. 7:  
B 23 H 1/02  
B 23 H 7/12  
B 23 H 7/14

21 Aktenzeichen: 197 58 192.7-42  
22 Anmeldetag: 30. 12. 1997  
43 Offenlegungstag: 17. 12. 1998  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 31. 5. 2000

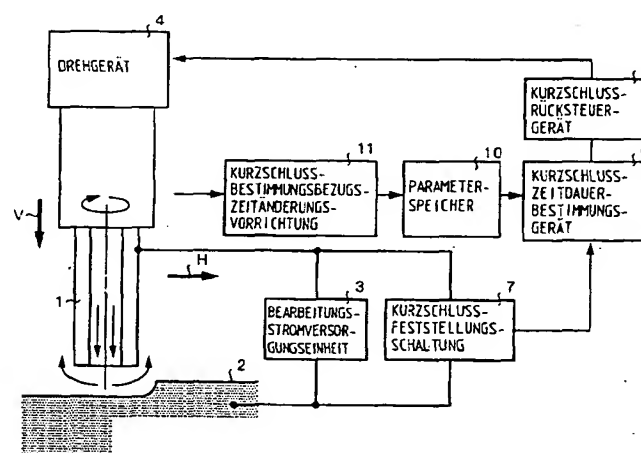
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

30 Unionspriorität:  
9-155608 12. 06. 1997 JP  
73 Patentinhaber:  
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP  
74 Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

72 Erfinder:  
Magara, Takuji, Tokio/Tokyo, JP; Yuzawa, Takashi,  
Tokio/Tokyo, JP  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 44 41 055 C1  
EP 07 07 916 A1

54 Funkenerosionsmaschine

57 Funkenerosionsmaschine zur Durchführung einer Erodierbearbeitung durch Drehen einer säulen- oder rohrförmigen Elektrode (1) und Anlegen einer Spannung an einen Raum zwischen der Elektrode (1) und einem Werkstück (2), welche aufweist:  
einen Speicher (10) zur Speicherung einer Kurzschlußbestimmung-Bezugszeit für die Erfassung eines Kurzschlusses;  
ein Änderungsgerät (11) zur Änderung der Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit, die in dem Speicher (10) gespeichert ist, entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der sich drehenden Elektrode (1);  
einen Kurzschlußdetektor (7) zur Feststellung eines Kurzschlusses zwischen der Elektrode (1) und dem Werkstück (2);  
ein Bestimmungsgerät (9), welches ausgebildet ist die Dauer eines Kurzschlusses, der von dem Kurzschlußdetektor (7) festgestellt wird, zu messen, die Dauer des Kurzschlusses mit der Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit, die in dem Speicher (10) gespeichert ist, zu vergleichen, und zu ermitteln, ob die Dauer des Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit überschritten hat oder nicht; und  
eine Kurzschluß-Rückzugsteuerung (8) zur Vermeidung eines Kurzschlusses, wenn von dem Bestimmungsgerät (9) festgestellt wird, daß die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit überschritten hat.



DE 197 58 192 C 2

DE 197 58 192 C 2

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Funkenerosionsmaschine, und insbesondere eine derartige Funkenerosionsmaschine, welche zur Durchführung einer Erodierbearbeitung bei einem Werkstück unter Verwendung einer einfach geformten Elektrode dient.

Fig. 8 zeigt als Blockschaltbild die Grundlagen einer Funkenerosionsmaschine nach der herkömmlichen Technik. In Fig. 8 ist mit dem Bezugszeichen 21 eine rohrförmige Elektrode bezeichnet, mit 22 ein Werkstück, welches durch Erodierbearbeitung bearbeitet werden soll, mit 23 eine Bearbeitungsstromversorgungseinheit zum Liefern von Energie, mit 24 ein Drehgerät zum Drehen der Elektrode 21, mit 27 eine Kurzschlußfeststellungsschaltung zur Feststellung der Erzeugung eines Kurzschlusses zwischen den Elektroden, und mit 28 eine Kurzschlußsteuerschaltung zur Durchführung eines Vorgangs zum Vermeiden eines Kurzschlusses bei der Elektrode 21 mit Hilfe der Kurzschlußfeststellungsschaltung 27. Weiterhin ist mit H der Bearbeitungsvorschub der Elektrode 21 in Richtung der X- und Y-Achse bezeichnet, und mit V der Vorschub in Richtung der Z-Achse zur Kompensation des Verschleißes der Elektrode 21.

Als nächstes wird der Betriebsablauf erläutert. Bei dem in Fig. 8 dargestellten Funkenerosionsbearbeitungsvorgang wird die Bearbeitung in einem Zustand durchgeführt, in welchem die Form der Elektrode stabil gehalten wird, durch Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode 21 und dem gegenüberliegenden Werkstück 22, und durch Festlegung einer Vorschubkomponente V in Richtung der Z-Achse zur Kompensation der Verschleißrate der Elektrode in deren Längsrichtung und der Vorschubkomponente H in Richtung der X- oder Y-Achse. Daher kann eine konstante Form erhalten werden, ohne den Verschleiß (den Abbau) der Elektrode in Seitenrichtung zu kompensieren.

Bei der voranstehend geschilderten Funkenerosionsmaschine wird zu Beginn der Bearbeitung die Elektrode 21 durch das Drehgerät 24 gedreht, um die Bearbeitung durchzuführen, jedoch tritt in einem Fall, wenn eine Elektrode 21 mit besonders kleinem Durchmesser durch ein derartiges Gerät wie eine Spannzange eingespannt wird, eine axiale Auslenkung der Elektrode 21 leicht in Horizontalrichtung auf, wie in Fig. 9A, 9B gezeigt wird. Nimmt man an, daß sich der Umfang der Elektrode 21 in einem Zustand dreht, in welchem keine axiale Auslenkung aufgetreten ist, so vergrößert sich der Umfang bis zum Wert  $W_2$ , in Folge einer Verschiebung zur Außenseite, nämlich wegen der axialen Auslenkung um den Wert  $e$ , wie in der Figur gezeigt ist. Tatsächlich tritt, wie in Fig. 10 gezeigt ist, eine axiale Auslenkung in Richtung der Punkte A, B, C und D auf. Infolge dieser axialen Auslenkung wird ein Kurzschluß zwischen der Elektrode 21 und dem Werkstück 22 hervorgerufen.

In Fig. 11 ist die Erzeugung eines Kurzschlusses infolge einer axialen Auslenkung in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Die Erzeugung dieses Kurzschlusses wird von der Kurzschlußfeststellungsschaltung 27 erfaßt. Wenn  $T_s$  (t) größer wird als ein vorbestimmter Zeitraum in jenem Zustand, in welchem ein Kurzschluß erzeugt wird, wie am Punkt B in Fig. 10 dargestellt, so führt die Kurzschlußsteuerschaltung 28 einen Kurzschlußvermeidungsvorgang durch, um einem Kurzschluß aus dem Wege zu gehen.

Im allgemeinen ist es schwierig, die axiale Auslenkung auf null während der Bearbeitung mit einer sich drehenden Elektrode zu begrenzen, und wird ein Zeitbereich  $T_s$  erzeugt, in welchem ein Kurzschluß während einer Umdrehung anhält. Wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit der Elektrode sehr hoch ist (einige tausend oder einige zehntausend Umdrehungen pro Minute oder höher), wird die Kurz-

schlußdauerzeit  $T_s$  kürzer als die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit, und wird kein Kurzschlußvermeidungsvorgang durchgeführt.

Die Vorschübe V, H der Elektrode 21 werden durch eine übliche interpolierende Servoeinrichtung gesteuert. Wenn andererseits die Umdrehungsgeschwindigkeit niedrig ist (einige zehn bis einige hundert Umdrehungen pro Minute), so wird die Kurzschlußdauerzeit  $T_s$  länger als die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit, so daß ein Kurzschlußvermeidungsvorgang oder ein Kurzschlußausweichvorgang bei jeder Drehung durchgeführt wird. In dem voranstehend geschilderten Zustand gelangt die Bearbeitung in einen extrem instabilen Nachlaufzustand, wobei die Bearbeitungsgeschwindigkeit wesentlich verringert wird.

Die Funkenerosionsmaschine auf der Grundlage der herkömmlichen Technik ist wie voranstehend geschildert aufgebaut, und wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit niedrig ist, wird bei jeder Drehung der Elektrode ein Kurzschlußvermeidungsvorgang durchgeführt, nämlich ein Kurzschlußausschaltvorgang, gelangt die Bearbeitung in einen Nachlaufzustand, und wird die Bearbeitungsgeschwindigkeit in nachteiliger Art und Weise verringert. Um diese Schwierigkeit auszuschalten ist es erforderlich, die Umdrehungsgeschwindigkeit zu erhöhen, jedoch steigen in diesem Falle die Kosten für die Dreheinheit, und können Verformungen bei der Einrichtung infolge der Wärmeabgabe bei einer Drehung mit hoher Geschwindigkeit auftreten, was wiederum beispielsweise die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich verschlechtert.

Aus der EP-0 707 916 A1 ist eine Elektroerodiermaschine bekannt, welche eine drehende Elektrode hat, wobei der Abstand zwischen Elektrode und Werkstück durch ein Piezoelement verändert wird. Kurzschlüsse werden dadurch vermieden, daß das Piezoelement mit einer geeigneten Frequenz schwingt. Die beschriebene Maschine weist auch einen Detektor auf, um das Vorliegen eines Kurzschlusses bzw. Lichtbogenzustandes zu erfassen, sowie ein Antriebselement zur Vergrößerung des Arbeitsspalts wenn ein Kurzschluß erfaßt wird.

Aus der DE 44 41 055 C1 ist eine Funkenerosionsmaschine bekannt, welche zwischen mechanischen und sonstigen Kurzschlüssen unterscheidet, und die Elektrodenbewegung bei mechanischen Kurzschlüssen anders steuert als bei sonstigen Kurzschlüssen. Bei mechanischen Kurzschlüssen wird die Elektrode zurückgezogen. Die Unterscheidung zwischen mechanischen und sonstigen Kurzschlüssen erfolgt anhand der Kurzschlußspannung und/oder der Kurzschlußdauer, wobei die Kurzschlußdauer-Schwelle eine Funktion des Verhältnisses Elektrodendurchmesser/Werkstückdicke ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Funkenerosionsmaschine, welche die Bearbeitung dadurch stabilisieren kann, daß ein unnötiger Kurzschlußvermeidungsvorgang unterdrückt wird, der durch axiale Auslenkung einer Elektrode während der Bearbeitung mittels Funkenerosion zur Bearbeitung eines Profils eines Werkstücks mit Hilfe der Drehung einer einfach geformten Elektrode hervorgerufen wird, und welche darüber hinaus die Bearbeitungsgeschwindigkeit und die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich verbessern kann.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Funkenerosionsmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 oder des Patentanspruchs 4. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Im Gegensatz zum oben genannten Stand der Technik, wird bei der vorliegenden Erfindung die Steuerung des Rückzugs der Elektrode bei einem Kurzschluß von der Drehzahl der drehenden Elektrode abhängig gemacht.

Bei der vorliegenden Erfindung wird, wenn ein Werkstück bearbeitet wird, die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Drehzahl der sich drehenden Elektrode geändert, wird die Dauer eines Kurzschlusses gemessen, der zwischen Elektroden festgestellt wird, und wird ein Kurzschluß vermieden, wenn die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit überschreitet; hierbei wird die Erodierbearbeitung durch Änderung der Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend den Umdrehungen pro Minute oder der Drehzahl der sich drehenden Elektrode durchgeführt; dies führt dazu, daß es möglich ist, einen unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgang zu unterdrücken, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und möglich, die Bearbeitungsvorgänge zu stabilisieren, was es ermöglicht, die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit erheblich zu verbessern.

Bei der vorliegenden Erfindung wird die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend einer Verringerung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Drehzahl der Elektrode geändert, so daß die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit länger wird, wodurch ein Kurzschluß vernachlässigt wird, der bei einer Umdrehung infolge einer axialen Auslenkung hervorgerufen wird, und eine stabilere Bearbeitung ohne Nachlauf durchgeführt werden kann, was dazu führt, daß es möglich ist, die Elektrodenvorschubsteuerung oder Elektrodenvorschubregelung ordnungsgemäß auf der Grundlage einer gemittelten Spannung zwischen den Elektroden durchzuführen, obwohl ein mikroskopischer Kurzschluß bei einer Drehung wie voranstehend geschildert vernachlässigt wird.

Bei der vorliegenden Erfindung wird die Erodierbearbeitung dadurch ausgeführt, daß automatisch die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Drehzahl der Elektrode eingestellt wird, so daß sich eine maximale Bearbeitungseffizienz ergibt; wobei es in einem Fall, in welchem die axiale Auslenkungsrate und die Bearbeitungsbedingungen geändert werden, möglich ist, einen unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgang, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, zu unterdrücken, und die Bearbeitung zu stabilisieren; dies führt dazu, daß das voranstehend geschilderte Merkmal es ermöglicht, sowohl die Bearbeitungsgeschwindigkeit als auch die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich zu verbessern.

Wenn gemäß der vorliegenden Erfindung ein Werkstück bearbeitet wird, wird die Geschwindigkeit des Kurzschlußvermeidungsvorgangs oder die Kurzschlußrückzug-Verstärkung geändert, entsprechend der Umdrehungszahl pro Minute oder der Drehzahl der sich drehenden Elektrode, wird die Dauer eines zwischen Elektroden festgestellten Kurzschlusses gemessen, und wird ein Kurzschluß entsprechend der Geschwindigkeit des Kurzschlußvermeidungsvorgangs oder der Kurzschlußrückzug-Verstärkung vermieden, wenn die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit überschritten hat; wodurch die Erodierbearbeitung durch Änderung der Kurzschlußrückzug-Verstärkung entsprechend der Drehzahl pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit der sich drehenden Elektrode durchgeführt wird; dies führt dazu, daß es möglich ist, einen unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgang zu unterdrücken, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und die Bearbeitung zu stabilisieren, was es ermöglicht, die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich zu verbessern.

Bei der vorliegenden Erfindung wird die Geschwindigkeit

des Kurzschlußvermeidungsvorgangs oder die Kurzschlußrückzug-Verstärkung entsprechend der Verringerung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Drehzahl geändert, um den Parameter noch kleiner auszubilden, wodurch ein Vorgang zum Vermeiden eines Kurzschlusses infolge eines Kurzschlusses, der bei einer Drehung infolge einer axialen Auslenkung hervorgerufen wird, unterdrückt wird, und eine Bearbeitung ohne Nachlauf stabil ausgeführt werden kann, was dazu führt, daß es möglich ist, die Elektrodenvorschubregelung ordnungsgemäß auf der Grundlage einer mittleren Spannung zwischen den Elektroden durchzuführen, selbst wenn wie voranstehend geschildert ein mikroskopischer Kurzschluß bei einer Umdrehung vernachlässigt wird.

Bei der vorliegenden Erfindung wird die Erodierbearbeitung dadurch ausgeführt, daß automatisch die Geschwindigkeit des Kurzschlußvermeidungsvorgangs oder die Kurzschlußrückzug-Verstärkung eingestellt wird, entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Drehzahl der Elektrode, so daß sich ein maximaler Bearbeitungswirkungsgrad ergibt; wodurch selbst in einem Fall, in welchem die axiale Auslenkungsrate und der Bearbeitungszustand geändert wird, es möglich ist, einen unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgang zu unterdrücken, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und die Bearbeitung zu stabilisieren; dies führt dazu, daß es das voranstehend geschilderte Merkmal ermöglicht, die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich zu erhöhen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1 den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine gemäß Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Diagramm mit einer Darstellung der Beziehung zwischen der Bearbeitungsgeschwindigkeit und der Drehzahl oder Umdrehungsgeschwindigkeit bei der Ausführungsform 1;

Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Erläuterung von Betriebsabläufen bei der Ausführungsform 1;

Fig. 4 eine Ansicht des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine gemäß Ausführungsform 2 der Erfindung;

Fig. 5 ein Diagramm mit einer Darstellung der Korrelation zwischen der Bearbeitungsgeschwindigkeit und der Umdrehungsgeschwindigkeit bei der Ausführungsform 2;

Fig. 6 ein Flußdiagramm zur Erläuterung von Betriebsabläufen bei der Ausführungsform 2;

Fig. 7 eine Darstellung des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine gemäß Ausführungsform 3 der Erfindung;

Fig. 8 eine Ansicht des Aufbaus einer Funkenerosionsmaschine nach der herkömmlichen Technik;

Fig. 9A, 9B Ansichten zur Erläuterung der axialen Auslenkung einer Funkenerosionsmaschine nach dem herkömmlichen Stand der Technik;

Fig. 10 eine weitere Darstellung zur Erläuterung der axialen Auslenkung bei einer Funkenerosionsmaschine nach der herkömmlichen Technik;

Fig. 11 eine Ansicht zur Erläuterung der Erzeugung eines Kurzschlusses infolge einer axialen Auslenkung bei einer Funkenerosionsmaschine nach der herkömmlichen Technik.

Nunmehr erfolgt eine Beschreibung besonders bevorzugter Ausführungsformen einer Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen.

Zunächst wird der grundsätzliche Aufbau gemäß der Erfindung beschrieben. Fig. 1 zeigt den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung; und hierbei ist mit dem Bezugszeichen 1 eine rohrför-

mige Elektrode bezeichnet, mit 2 ein zu bearbeitendes Werkstück, mit 3 eine Bearbeitungsstromversorgungseinheit zum Liefern von Energie, mit 4 ein Drehgerät, welches dazu dient, die Elektrode 1 zu drehen, mit 7 eine Kurzschlußfeststellungsschaltung zur Erfassung der Erzeugung eines Kurzschlusses zwischen den Elektroden während der Bearbeitung, mit 9 ein Kurzschlußdauerzeitbestimmungsgerät zur Feststellung, ob ein Ausgangssignal von der Kurzschlußfeststellungsschaltung 7 über einen festgelegten Zeitraum angedauert hat, mit 8 ein Kurzschlußrückzug-Steuergerät zur Durchführung eines Kurzschlußvermeidungsvorgangs für die Elektrode 1 in einem Fall, in welchem die Dauer eines Kurzschlusses den festgelegten Zeitraum überschritten hat, mit 10 ein Parameterspeicher zur Einstellung einer Kurzschlußbestimmungsbezugszeit (eines festgelegten Wertes zur Bestimmung der Dauer eines Kurzschlusses), und mit 11 eine Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung zum Ändern der Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (oder der Drehzahl bzw. Umdrehungsgeschwindigkeit) der Elektrode 1.

Als nächstes wird der Betriebsablauf geschildert. Fig. 2 zeigt die Korrelation zwischen einer Bearbeitungsgeschwindigkeit und einer Umdrehungsgeschwindigkeit oder Drehzahl bei der Ausführungsform 1, und Fig. 3 ist ein Flußdiagramm, welches Betriebsabläufe bei der Ausführungsform 1 erläutert. Ähnlich wie bei der Funkenerosionsmaschine nach der herkömmlichen Technik wird die Elektrode 1 durch das Drehgerät 4 gedreht und gesteuert, wenn mit der Bearbeitung begonnen wird. Zu diesem Zeitpunkt stellt bei der Ausführungsform 1 die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11 eine geeignete Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend der Anzahl an Umdrehungen der Elektrode zur Verfügung.

Fig. 2 zeigt die Änderung der Bearbeitungsgeschwindigkeit entsprechend der Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute in einem Fall, in welchem die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit geändert wird. Wenn in Fig. 2 die Anzahl an Umdrehungen pro Minute 1000 beträgt, wird eine Kurzschlußdauerzeit  $T_s$  für eine Umdrehung kleiner, so daß die Bearbeitungsgeschwindigkeit in einem Fall höher wird, in welchem die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit verkürzt und auf 20 ms eingestellt wird. Im Gegensatz hierzu wird die Kurzschlußdauerzeit  $T_s$  für eine Umdrehung größer, wenn die Anzahl an Umdrehungen pro Minute niedrig ist, beispielsweise um 300 Umdrehungen pro Minute herum, so daß ein Kurzschlußvermeidungsvorgang für jede Umdrehung durchgeführt wird, wenn die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit kurz ist, und die Bearbeitung in einen Nachlaufzustand gelangt, was dazu führt, daß die Bearbeitungsgeschwindigkeit extrem verlängert wird.

Infolge der voranstehend geschilderten Eigenschaften wird zunächst die Anzahl an Umdrehungen pro Minute der Elektrode 1 durch die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11 festgestellt (Schritt S31) und wird, wenn die festgestellte Anzahl an Umdrehungen pro Minute niedriger als der zuletzt festgestellte Wert ist (Schritt S32), eine solche Verarbeitung durchgeführt, daß die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit verlängert wird, die in dem Parameterspeicher 10 gespeichert ist (Schritt S33). Dann geht die Systemsteuerung zum Schritt S34 über. Wenn festgestellt wird, daß sich die Anzahl an Umdrehungen pro Minute nicht verringert hat (Schritt S32), so verzweigt die Systemsteuerung zum Schritt S34.

Wenn im Schritt S34 die Erzeugung eines Kurzschlusses von der Kurzschlußfeststellungsschaltung 7 erfaßt wird, wird die Dauer eines Kurzschlusses, also eine Kurzschlußdauerzeit, durch das Kurzschlußdauerzeitbestimmungsgerät

9 gemessen, und wird dann die Dauer des Kurzschlusses mit der Kurzschlußbestimmungsbezugszeit verglichen, die in dem Parameterspeicher 10 gespeichert ist. Wenn sich als Ergebnis des Vergleiches ergibt, daß die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit überschritten hat (Schritt S35), wird diese Tatsache vom dem Kurzschlußdauerzeitbestimmungsgerät 9 an das Kurzschlußrückzug-Steuergerät 8 übertragen, und wird der Kurzschlußvermeidungsvorgang des Drehgerätes 4 durch das Kurzschlußrückzug-Steuergerät 8 gesteuert (Schritt S36).

Dann kehrt die Systemsteuerung zum Schritt S31 zurück. Es wird darauf hingewiesen, daß in einem Fall, in welchem ein Kurzschluß aufhört, bevor die Dauer des Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit während der Ermittlung durch das Kurzschlußdauerzeitbestimmungsgerät 9 überschreitet (Schritt S37), es nicht erforderlich ist, der Erzeugung eines Kurzschlusses auszuweichen, so daß die Systemsteuerung zum Schritt S31 zurückkehrt, um die voranstehend geschilderte Verarbeitung zu wiederholen.

Wenn im Schritt S34 keine Erzeugung eines Kurzschlusses festgestellt wird, wird die Betriebsablauffolge vom Schritt S31 aus erneut durchlaufen, bis es erforderlich ist, die Erodierbearbeitung zu beenden (Schritt S38).

Wie voranstehend geschildert ändert die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11 die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit, die in dem Parameterspeicher 10 gespeichert ist, entsprechend der Anzahl der Umdrehungen pro Minute der Elektrode 1, so daß das Kurzschlußdauerzeitbestimmungsgerät 9 das Kurzschlußrückzug-Steuergerät 8 betätigt, wenn die Dauer eines Kurzschlusses die geänderte Kurzschlußbestimmungsbezugszeit überschritten hat, und den Kurzschlußvermeidungsvorgang für die Elektrode 1 durchführt.

Wie voranstehend erläutert wird bei der Ausführungsform 1 die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit geändert, entsprechend einer Verringerung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (oder der Drehzahl bzw. der Umdrehungsgeschwindigkeit), so daß die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit länger wird, und ein Kurzschluß, der infolge einer axialen Auslenkung bei jeder Umdrehung hervorgerufen wird, vernachlässigt wird; wodurch es ermöglicht wird, eine Bearbeitung ohne Nachlauf unter stabilen Bedingungen durchzuführen. Weiterhin ist es möglich, ordnungsgemäß eine Elektrodenvorschubsteuerung oder Elektrodenvorschubregelung auf der Grundlage einer gemittelten Spannung zwischen den Elektroden durchzuführen, selbst wenn ein mikroskopischer Kurzschluß bei einer Umdrehung wie voranstehend geschildert vernachlässigt wird.

Im allgemeinen wird die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit automatisch entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute geändert, jedoch ist es in einem Fall, in welchem die Anzahl an Umdrehungen pro Minute von Anfang an bekannt ist, möglich, vorher von Hand oder durch ein Programm den Inhalt des Parameterspeichers 10 zu ändern und umzuschalten.

Gemäß der voranstehend geschilderten Ausführungsform 1 wird der Kurzschlußvermeidungsvorgang dadurch gesteuert, daß die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit geändert wird; jedoch ist es möglich, den Kurzschlußvermeidungsvorgang dadurch zu steuern, daß eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung geändert wird, wie dies bei der nachstehenden Ausführungsform 2 erfolgt.

Zunächst wird der Aufbau der Funkenerosionsmaschine beschrieben. Bei der Ausführungsform 2 werden die selben oder entsprechende Bezugszeichen wie in Fig. 1 bei den selben oder entsprechenden Bauteilen wie bei der Ausführungsform 1 verwendet, die voranstehend geschildert wurde, und erfolgt insoweit nicht unbedingt eine erneute

Beschreibung. Fig. 4 zeigt den Aufbau einer Funkenerosionsmaschine gemäß der Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung. Bei der Funkenerosionsmaschine von Fig. 4 ist die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11 gemäß Ausführungsform 1 nicht vorgesehen, und wird die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit, die in dem Parameterspeicher 10 eingestellt ist, unabhängig von der Anzahl an Umdrehungen pro Minute konstant gehalten. Ein Parameterspeicher für eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12, der an das Kurzschlußrückzug-Steuergerät 8 angeschlossen ist, und eine Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 bilden eine Anordnung, die entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute geändert werden kann.

Der Parameterspeicher für eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12 ist ein Speicher zur Einstellung eines Kurzschlußrückzug-Verstärkungswertes (von Information, welche die Geschwindigkeit eines Kurzschlußvermeidungsvorgangs betrifft), und die Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 ändert den Kurzschlußrückzug-Verstärkungswert in dem Parameterspeicher für eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12 in Reaktion auf die Anzahl an Umdrehungen pro Minute der Elektrode 1.

Als nächstes wird der Betriebsablauf geschildert. Fig. 5 ist ein Diagramm, in welchem die Beziehung zwischen der Bearbeitungsgeschwindigkeit und der Umdrehungsgeschwindigkeit oder Drehzahl bei der Ausführungsform 2 dargestellt ist, und Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, welches den Betriebsablauf bei der Ausführungsform 2 erläutert. Ähnlich wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform 1 wird die Elektrode 1 gedreht und gesteuert durch das Drehgerät 4, wenn mit der Bearbeitung begonnen wird, und eine Erodierbearbeitung durchgeführt wird. Bei der Ausführungsform 2 stellt die Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 eine geeignete Kurzschlußrückzug-Geschwindigkeit entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. der Drehzahl) der Elektrode 1 während der Bearbeitung ein.

Fig. 4 zeigt die Änderung der Bearbeitungsgeschwindigkeit in Reaktion auf eine Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute, wenn die Kurzschlußrückzug-Verstärkung geändert wird. In Fig. 4 wird die Kurzschlußdauerzeit  $T_s$  für eine Umdrehung kürzer, wenn die Anzahl an Umdrehungen pro Minute 1000 beträgt, so daß die Häufigkeit des Auftretens eines Kurzschlusses absinkt, und die Bearbeitung stabilisiert wird, selbst wenn die Kurzschlußrückzug-Geschwindigkeit so hoch wie 200 mm/min ist, und aus diesem Grund ist es möglich, eine hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erzielen.

Wenn im Gegensatz hierzu die Anzahl an Umdrehungen pro Minute niedrig ist, nämlich beispielsweise etwa 300 Umdrehungen pro Minute, so wird die Kurzschlußdauerzeit  $T_s$  für eine Umdrehung länger, und wird auch die Frequenz eines Kurzschlusses höher, so daß die Kurzschlußrückzug-Geschwindigkeit den Wert von 200 mm/min annimmt, was bedeutet, daß eine Kurzschlußrückzug-Größe für eine Umdrehung größer wird. Daher gelangt die Bearbeitung in den Nachlaufzustand, und wird die Bearbeitungsgeschwindigkeit wesentlich verringert.

Der Betriebsablauf bei der Ausführungsform 2 ist ähnlich wie bei der Ausführungsform 1, bei welcher der grundlegende Betriebsablauf bereits erläutert wurde, so daß hier nur eine Beschreibung derartiger Vorgänge erfolgt, die sich von jenem bei der Ausführungsform 1 unterscheiden.

Bei der Ausführungsform 2 wird zuerst die Anzahl an Umdrehungen pro Minute der Elektrode 1 von der Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 festgestellt (Schritt S61), und wird, wenn ermittelt wird, daß die

festgestellte Anzahl an Umdrehungen pro Minute niedriger als der zuletzt ermittelte Wert ist (Schritt S62), eine Verarbeitung zur Änderung der Kurzschlußrückzug-Verstärkung durchgeführt, die in dem Parameterspeicher für eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12 gespeichert ist, so daß die Kurzschlußrückzug-Verstärkung noch kleiner wird (Schritt S63). Dann geht die Systemsteuerung zum Schritt S34 über. Falls festgestellt wird, daß die ermittelte Anzahl an Umdrehungen pro Minute nicht niedriger als die zuletzt festgestellte Anzahl an Umdrehungen pro Minute ist (Schritt S62), so geht die Systemsteuerung zum Schritt S34 über. Dann werden die gleichen Betriebsvorgänge wie bei der voranstehend geschilderten Ausführungsform 1 von diesem Schritt aus durchgeführt.

Wie voranstehend geschildert ändert die Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 die Kurzschlußrückzug-Verstärkung, die in dem Parameterspeicher für eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12 gespeichert ist, entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute der Elektrode 1, so daß das Kurzschlußrückzug-Steuergerät 8 den Kurzschlußvermeidungsvorgang auf der Grundlage der geänderten Kurzschlußrückzug-Verstärkung steuert. (Diese Operation entspricht dem Schritt S36 bei der Ausführungsform 1).

Wie voranstehend erläutert wird bei der Ausführungsform 2 ein Vorgang zum Vermeiden eines Kurzschlusses, der infolge eines Kurzschlusses ausgeführt werden soll, der bei jeder Umdrehung infolge der axialen Auslenkung hervorgerufen wird, dadurch unterdrückt, daß die Kurzschlußrückzug-Verstärkung in Reaktion auf eine Abnahme der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. der Drehzahl) geändert wird, um die Kurzschlußrückzug-Verstärkung kleiner zu werden, wodurch eine stabile Bearbeitung ohne Nachlauf durchgeführt werden kann. Es wird darauf hingewiesen, daß eine ordnungsgemäße Steuerung oder Regelung des Elektrodenvorschubs auf der Grundlage einer mittleren Spannung zwischen den Elektroden zur Verfügung gestellt werden kann, selbst wenn der mikroskopische Kurzschluß ignoriert wird.

Im allgemeinen wird die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit automatisch entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute geändert, jedoch ist es möglich, wenn die Anzahl an Umdrehungen pro Minute von Anfang an bekannt ist, den Inhalt des Parameterspeichers für die Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12 von Hand oder durch ein Programm vorher zu ändern und umzuschalten.

Durch Einsatz der voranstehend geschilderten Ausführungsformen 1 und 2 ist es möglich, dadurch eine Bearbeitung durchzuführen, daß automatisch eine Kurzschlußbestimmungsbezugszeit oder eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung eingestellt wird, so daß die Elektrodenvorschubgeschwindigkeitsinformation, eine Entladungsfrequenz, oder ein mittlerer Wert während der Bearbeitung ein Maximum annimmt, wie bei der nachstehend geschilderten Ausführungsform 3. In diesem Fall ist es möglich, dadurch die Bearbeitung durchzuführen, daß automatisch eine Kurzschlußbestimmungsbezugszeit oder eine Kurzschlußrückzug-Verstärkung im jeweiligen Optimalzustand entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl) oder der axialen Auslenkung eingestellt wird.

Zunächst erfolgt eine Beschreibung des Aufbaus. Bei der Ausführungsform 3 werden gleiche oder entsprechende Bezugszeichen wie jene, die in Fig. 1 und Fig. 4 verwendet wurden, zur Bezeichnung von Bauteilen verwendet, die denen bei den voranstehend geschilderten Ausführungsformen 1 und 2 entsprechen, und erfolgt insoweit nicht unbedingt eine erneute Beschreibung. Fig. 7 zeigt schematisch den



Aufbau einer Funkenerosionsmaschine gemäß Ausführungsform 3 der vorliegenden Erfindung. Die Funkenerosionsmaschine von Fig. 7 ist so aufgebaut, daß zusammen die wesentlichen Abschnitte von Ausführungsform 1 und Ausführungsform 2 vorhanden sind. Die Funkenerosionsmaschine weist nämlich zwei Verarbeitungssysteme auf; ein Verarbeitungssystem zur Änderung einer Kurzschlußrückzug-Verstärkung entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (die Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13, den Parameterspeicher für die Kurzschlußrückzug-Verstärkung 12, und die Kurzschlußrückzug-Steuervorrichtung 8), sowie ein anderes Verarbeitungssystem zur Änderung einer Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11, den Parameterspeicher 10, und das Kurzschlußdauerzeitbestimmungsgerät 9).

Bei dieser Funkenerosionsmaschine ist eine automatische Einstellvorrichtung 14 für die Kurzschlußtriebsempfindlichkeit neu hinzugekommen, und an die Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 und ebenso die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11 angeschlossen. Diese automatische Einstellvorrichtung 14 für die Kurzschlußtriebsempfindlichkeit ändert automatisch die Kurzschlußbestimmungsbezugszeitänderungsvorrichtung 11 und die Kurzschlußrückzug-Verstärkungsänderungsvorrichtung 13 auf der Grundlage von Information, welche die Geschwindigkeit des Elektrodenvorschubs betrifft, eine Entladungsfrequenz, oder einen gemittelten Strom während der Bearbeitung, die jeweils von einer Bearbeitungsstromversorgungseinheit 3 oder einem hier nicht dargestellten Steuer- oder Regelgerät erhalten werden, so daß sich eine maximale Bearbeitungseffizienz ergibt.

Als nächstes wird der Betrieb geschildert. Die Funkenerosionsmaschine gemäß Fig. 7 stellt eine Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute (oder einer Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl) der Elektrode durch die automatische Einstellvorrichtung 14 für die Kurzschlußtriebsempfindlichkeit fest, und ändert die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit so, daß diese länger wird, wenn die Anzahl an Umdrehungen pro Minute sich erhöht hat, wie bezüglich der Ausführungsform 1 beschrieben wurde, oder ändert den Kurzschlußrückzug-Verstärkungswert so, daß dieser noch kleiner wird. Die automatische Einstellvorrichtung 14 für die Kurzschlußtriebsempfindlichkeit ändert automatisch das zu ändernde Objekt; nämlich entweder die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit oder die Kurzschlußrückzug-Verstärkung, oder beide.

Wie voranstehend geschildert wird bei der Ausführungsform 3 die Erodierbearbeitung dadurch durchgeführt, daß automatisch die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit oder die Kurzschlußrückzug-Verstärkung in Reaktion auf eine Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der Elektrode 1 eingestellt wird, so daß sich ein maximaler Bearbeitungswirkungsgrad ergibt, wodurch es möglich ist, einen unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgang zu unterdrücken, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, selbst in einem Fall, in welchem die axiale Auslenkungsrate und die Bearbeitungsbedingungen geändert werden, und ist es darüber hinaus möglich, die Bearbeitung unter stabilen Bedingungen durchzuführen, wodurch die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich verbessert werden können.

Wie voranstehend geschildert wird bei der Funkenerosionsmaschine gemäß der vorliegenden Erfindung bei der Bearbeitung eines Werkstücks die Kurzschlußbestimmungsbe-

zugszeit geändert, entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl einer sich drehenden Elektrode, wird die Dauer eines Kurzschlusses gemessen, der zwischen Elektroden festgestellt wird, und wird ein Kurzschluß vermieden, wenn die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit überschritten hat; wodurch die Erodierbearbeitung dadurch durchgeführt wird, daß die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der sich drehenden Elektrode geändert wird; daher wird im Ergebnis der Vorteil erzielt, daß es möglich ist, eine Funkenerosionsmaschine zu erhalten, welche die Unterdrückung eines unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgangs ermöglicht, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und auch ermöglicht, die Bearbeitung zu stabilisieren, und darüber hinaus die Bearbeitungsgeschwindigkeit ebenso wie die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich zu erhöhen.

Bei der Funkenerosionsmaschine gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend einer Abnahme der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. der Drehzahl der Elektrode geändert; so daß die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit länger wird, wodurch ein Kurzschluß, der bei einer Umdrehung infolge einer axialen Auslenkung hervorgerufen wird, vernachlässigt wird, und eine Bearbeitung ohne Nachlauf unter stabilen Bedingungen durchgeführt werden kann, was dazu führt, daß der Vorteil erzielt wird, daß es möglich ist, eine Funkenerosionsmaschine zu erhalten, welche eine ordnungsgemäße Durchführung der Elektrodenvorschubsteuerung oder Elektrodenvorschubregelung auf der Grundlage einer mittleren Spannung zwischen den Elektroden ermöglicht, obwohl wie voranstehend geschildert ein mikroskopischer Kurzschluß bei einer Umdrehung vernachlässigt wird.

Bei der Funkenerosionsmaschine gemäß einem anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung wird die Erodierbearbeitung dadurch durchgeführt, daß automatisch die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der Elektrode eingestellt wird, so daß sich ein maximaler Bearbeitungswirkungsgrad ergibt; dies führt dazu, daß der Vorteil erzielt wird, daß es möglich ist, eine Funkenerosionsmaschine zu erhalten, welche die Unterdrückung eines unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgangs ermöglicht, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und auch die Stabilisierung der Bearbeitung in einem Fall ermöglicht, in welchem die axiale Auslenkungsrate und die Bearbeitungsbedingungen geändert werden, wobei darüber hinaus die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich erhöht werden.

Bei der Funkenerosionsmaschine gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird, wenn ein Werkstück bearbeitet wird, eine Kurzschlußvermeidungsvorgangsgeschwindigkeit oder Kurzschlußrückzug-Verstärkung entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der sich drehenden Elektrode geändert, wird die Dauer eines Kurzschlusses gemessen, der zwischen Elektroden festgestellt wird, und wird ein Kurzschluß entsprechend der Kurzschlußvermeidungsbetriebsgeschwindigkeit oder der Kurzschlußrückzug-Verstärkung vermieden, wenn die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungsbezugszeit überschritten hat; wodurch die Erodierbearbeitung dadurch durchgeführt wird, daß die Kurzschlußrückzug-Verstärkung

entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit oder Drehzahl der sich drehenden Elektrode geändert wird; aus diesem Grund wird der Vorteil erzielt, daß es möglich ist, eine Funkenerosionsmaschine zu erhalten, welche eine Unterdrückung eines unnötigen Kurzschlußvermeidungsvorgangs ermöglicht, der durch axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und eine Stabilisierung der Bearbeitung ermöglicht, und darüber hinaus die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich verbessert.

Bei der Funkenerosionsmaschine gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird die Kurzschlußvermeidungsbetriebsgeschwindigkeit oder Kurzschlußrückzug-Verstärkung geändert, entsprechend einer Abnahme der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl, um den Parameter noch kleiner auszuwählen, wodurch ein Vorgang zum Vermeiden eines Kurzschlusses infolge eines Kurzschlusses, der bei einer Umdrehung wegen der axialen Auslenkung erzeugt wird, unterdrückt wird, und eine Bearbeitung ohne Nachlauf stabil durchgeführt werden kann, was dazu führt, daß der Vorteil erzielt wird, daß es möglich ist, eine Funkenerosionsmaschine zu erhalten, welche es ermöglicht, ordnungsgemäß eine Elektrodenvorschubsteuerung oder Elektrodenvorschubregelung auf der Grundlage einer mittleren Spannung zwischen den Elektroden durchzuführen, obwohl wie voranstehend geschildert ein mikroskopischer Kurzschluß bei einer Umdrehung vernachlässigt wird.

Bei der Funkenerosionsmaschine gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird die Erodierbearbeitung dadurch durchgeführt, daß automatisch die Kurzschlußvermeidungsbetriebsgeschwindigkeit oder die Kurzschlußrückzug-Verstärkung eingestellt wird, entsprechend einer Änderung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der Elektrode, so daß ein maximaler Bearbeitungswirkungsgrad erreicht wird; dies führt dazu, daß der Vorteil erzielt wird, daß es möglich ist, eine Funkenerosionsmaschine zu erhalten, mit welcher eine unnötige Kurzschlußvermeidungsoperation unterdrückt werden kann, die durch eine axiale Auslenkung der Elektrode während der Bearbeitung hervorgerufen wird, und ermöglicht wird, die Bearbeitung selbst in einem Fall zu stabilisieren, in welchem sich die axiale Auslenkungsrate und die Bearbeitungsbedingungen ändern, und darüber hinaus die Bearbeitungsgeschwindigkeit und ebenso die Bearbeitungsgenauigkeit wesentlich verbessert werden können.

#### Patentansprüche

1. Funkenerosionsmaschine zur Durchführung einer Erodierbearbeitung durch Drehen einer säulen- oder rohrförmigen Elektrode (1) und Anlegen einer Spannung an einen Raum zwischen der Elektrode (1) und einem Werkstück (2), welche aufweist:  
einen Speicher (10) zur Speicherung einer Kurzschlußbestimmung-Bezugszeit für die Erfassung eines Kurzschlusses;  
ein Änderungsgerät (11) zur Änderung der Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit, die in dem Speicher (10) gespeichert ist, entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der sich drehenden Elektrode (1);  
einen Kurzschlußdetektor (7) zur Feststellung eines Kurzschlusses zwischen der Elektrode (1) und dem Werkstück (2);  
ein Bestimmungsgerät (9), welches ausgebildet ist die

Dauer eines Kurzschlusses, der von dem Kurzschlußdetektor (7) festgestellt wird, zu messen, die Dauer des Kurzschlusses mit der Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit, die in dem Speicher (10) gespeichert ist, zu vergleichen, und zu ermitteln, ob die Dauer des Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit überschritten hat oder nicht; und  
eine Kurzschluß-Rückzugsteuerung (8) zur Vermeidung eines Kurzschlusses, wenn von dem Bestimmungsgerät (9) festgestellt wird, daß die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit überschritten hat.

2. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Änderungsgerät (11) so ausgebildet ist, daß die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit, die in dem Speicher (10) gespeichert ist, bei einer Verringerung der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der Elektrode (1) ändert, länger wird.

3. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine automatische Einstellvorrichtung (14) vorgesehen ist, die dazu dient, automatisch die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit einzustellen, die von dem Änderungsgerät (11) geändert wird, so daß die Elektrodenvorschubgeschwindigkeit, die Entladungsfrequenz, oder der mittlere Strom während der Bearbeitung ein Maximum annimmt.

4. Funkenerosionsmaschine zur Durchführung einer Erodierbearbeitung durch Drehen einer säulen- oder rohrförmigen Elektrode (1) und Anlegen einer Spannung an einen Raum zwischen der Elektrode (1) und einem Werkstück (2), welche aufweist:

einen ersten Speicher (10) zur Speicherung einer Kurzschlußbestimmungsbezugszeit zur Erfassung eines Kurzschlusses;

einen zweiten Speicher (13) zum Speichern einer Kurzschlußvermeidungsvorgangs-Geschwindigkeit oder einer Kurzschlußrückzugs-Verstärkung der Elektrode (1);

ein Änderungsgerät (11) zum Ändern der Kurzschlußvermeidungsvorgangs-Geschwindigkeit oder der Kurzschlußrückzugs-Verstärkung, die in dem zweiten Speicher (13) gespeichert ist, entsprechend der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl der sich drehenden Elektrode (1);

einen Kurzschlußdetektor (7) zur Feststellung eines Kurzschlusses zwischen der Elektrode (1) und dem Werkstück (2);

ein Bestimmungsgerät (9), welches ausgelegt ist die Dauer eines Kurzschlusses, der von dem Kurzschlußdetektor (7) festgestellt wird, zu messen, die Dauer eines Kurzschlusses mit der Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit, die in dem ersten Speicher (10) gespeichert ist, zu vergleichen, und zu bestimmen, ob die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit überschritten hat oder nicht;

eine Kurzschlußrückzugs-Steuerung (8) zur Durchführung eines Kurzschlußvermeidungsvorgangs, wenn von dem Bestimmungsgerät (9) festgestellt wird, daß die Dauer eines Kurzschlusses die Kurzschlußbestimmungs-Bezugszeit überschritten hat, entsprechend der Kurzschlußvermeidungsvorgangs-Geschwindigkeit oder der Kurzschlußrückzugs-Verstärkung, die in dem zweiten Speicher (13) gespeichert ist.

5. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Änderungsgerät (11) ausgebildet ist die Kurzschlußvermeidungsvorgangs-Ge-

schwindigkeit oder die Kurzschlußrückzugs-Verstärkung, die in dem zweiten Speicher (13) gespeichert ist, bei einer Abnahme der Anzahl an Umdrehungen pro Minute oder der Umdrehungsgeschwindigkeit bzw. Drehzahl, zu verkleinern.

6. Funkenerosionsmaschine nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine automatische Einstellvorrichtung (14) vorgesehen ist, um automatisch die Kurzschlußvermeidungsvorgangs-Geschwindigkeit oder die Kurzschlußrückzugs-Verstärkung einzustellen, die jeweils durch das Änderungsgerät (11) geändert wird, so daß die Elektrodevorschubgeschwindigkeit, die Entladungsfrequenz, oder der mittlere Strom während der Bearbeitung ein Maximum annimmt.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



FIG.1

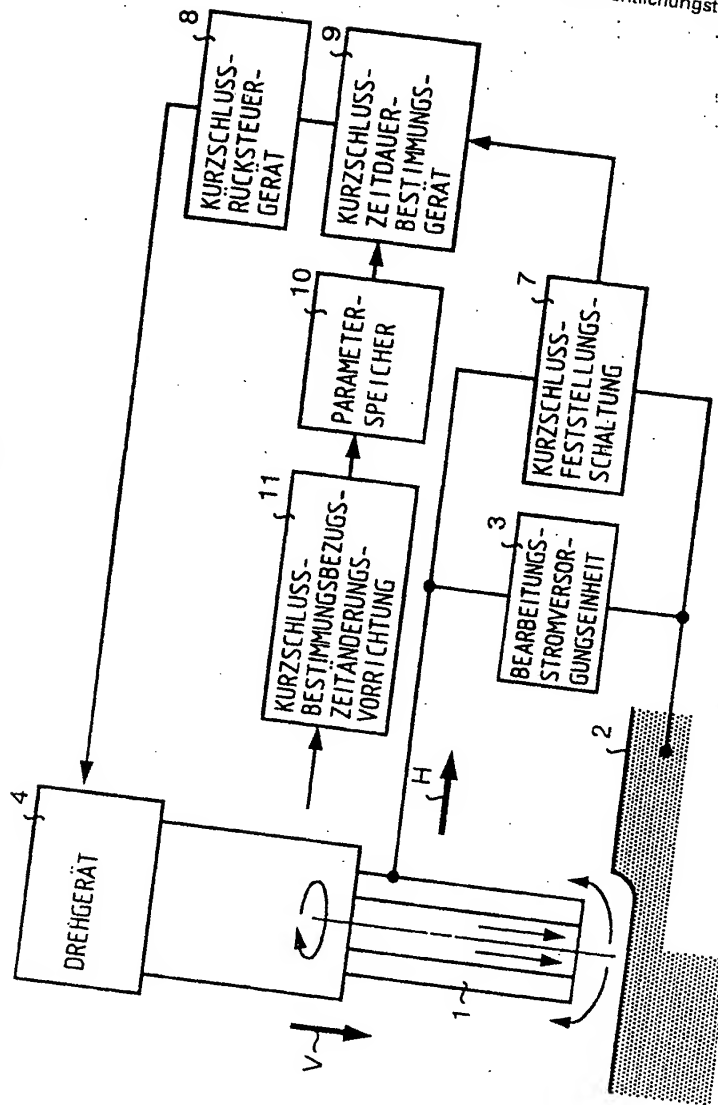


FIG.2

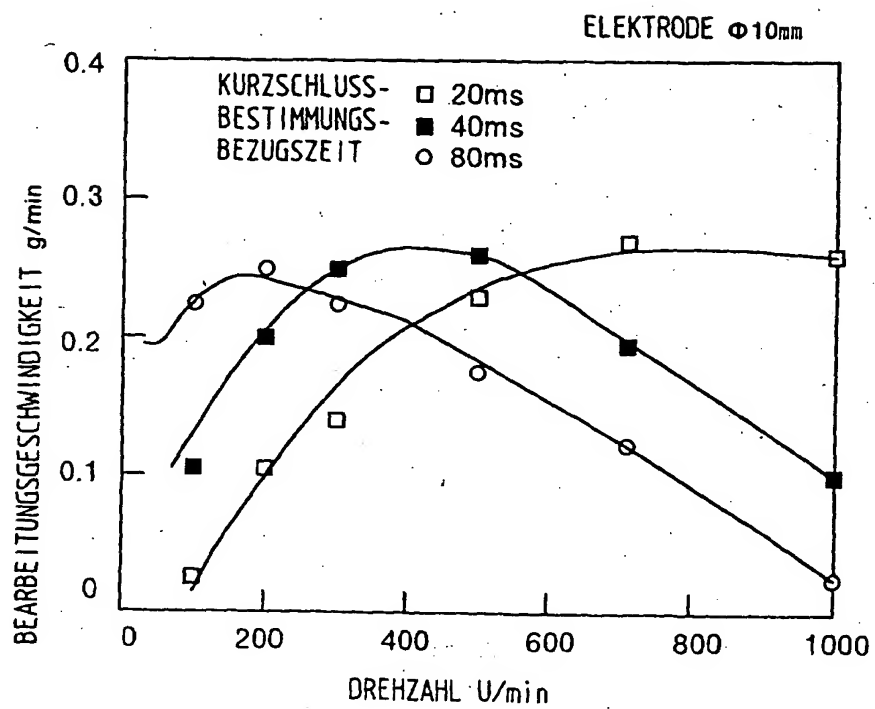


FIG.3

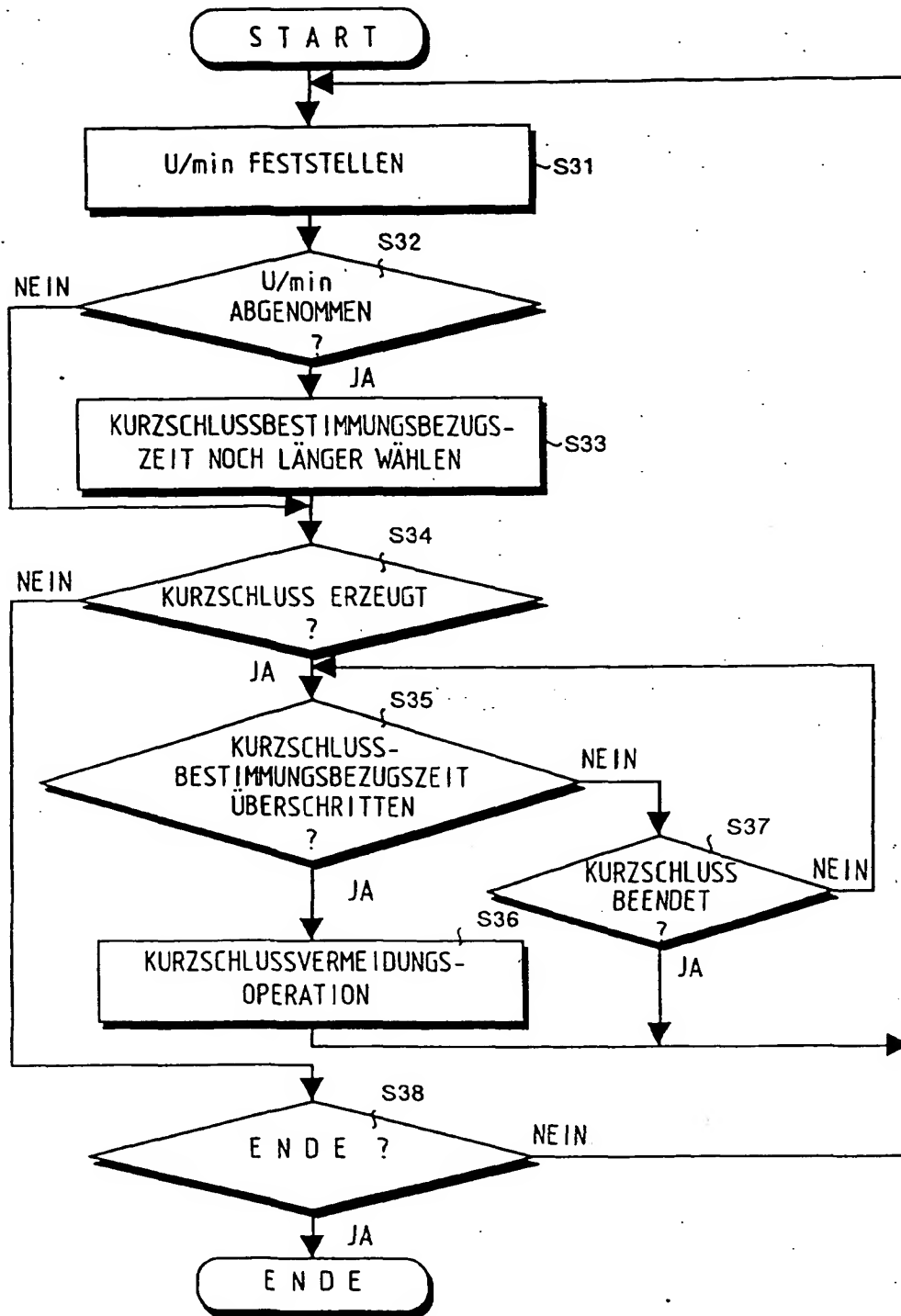


FIG.4

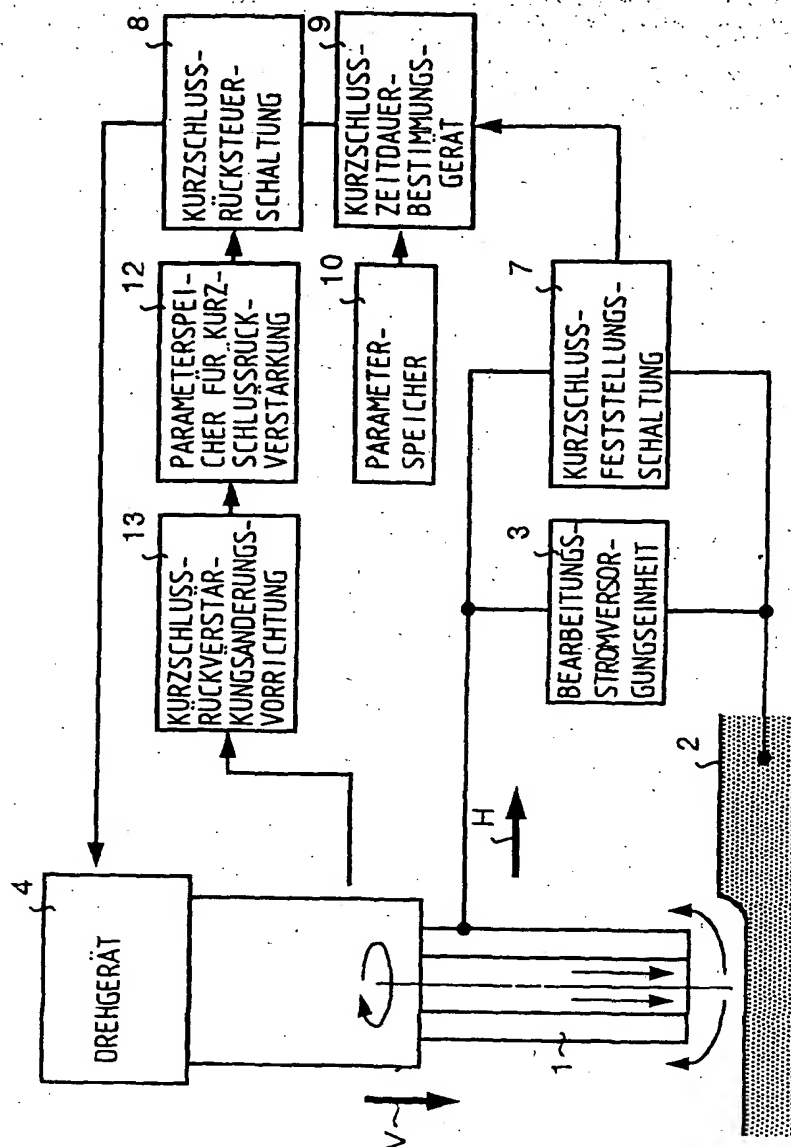


FIG.5

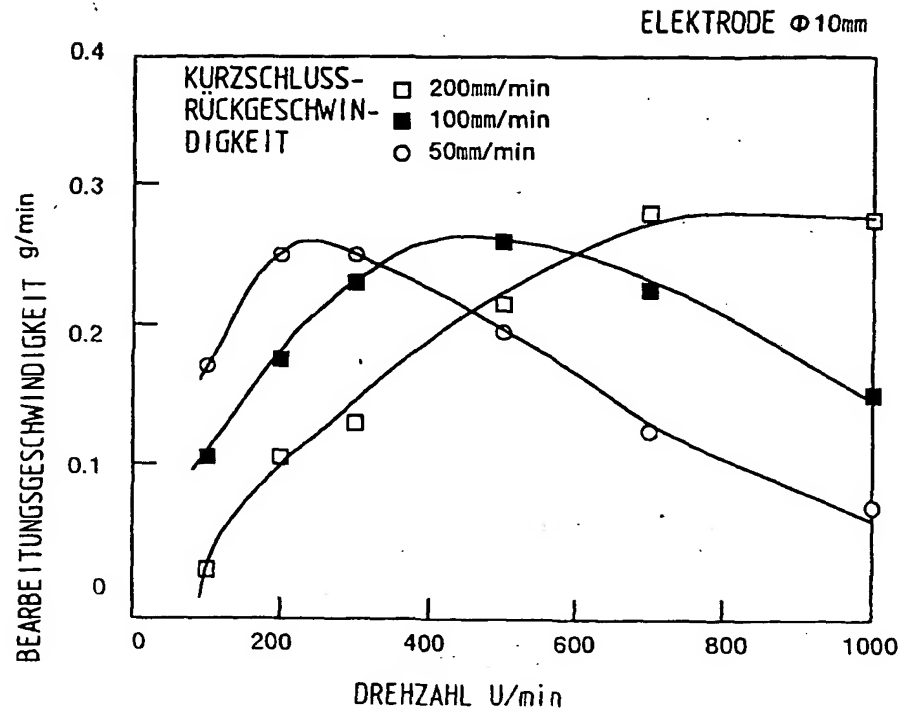


FIG.6

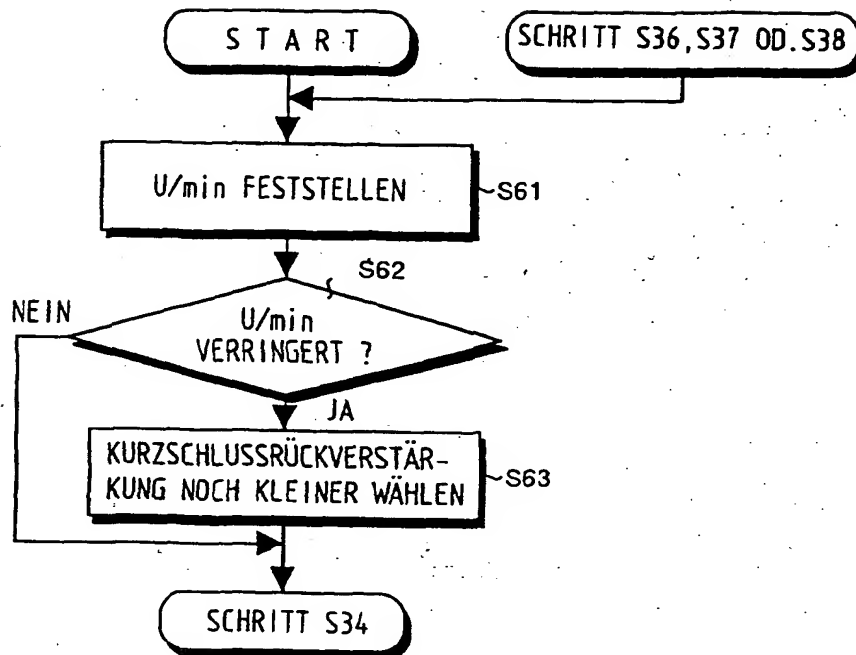




FIG. 7

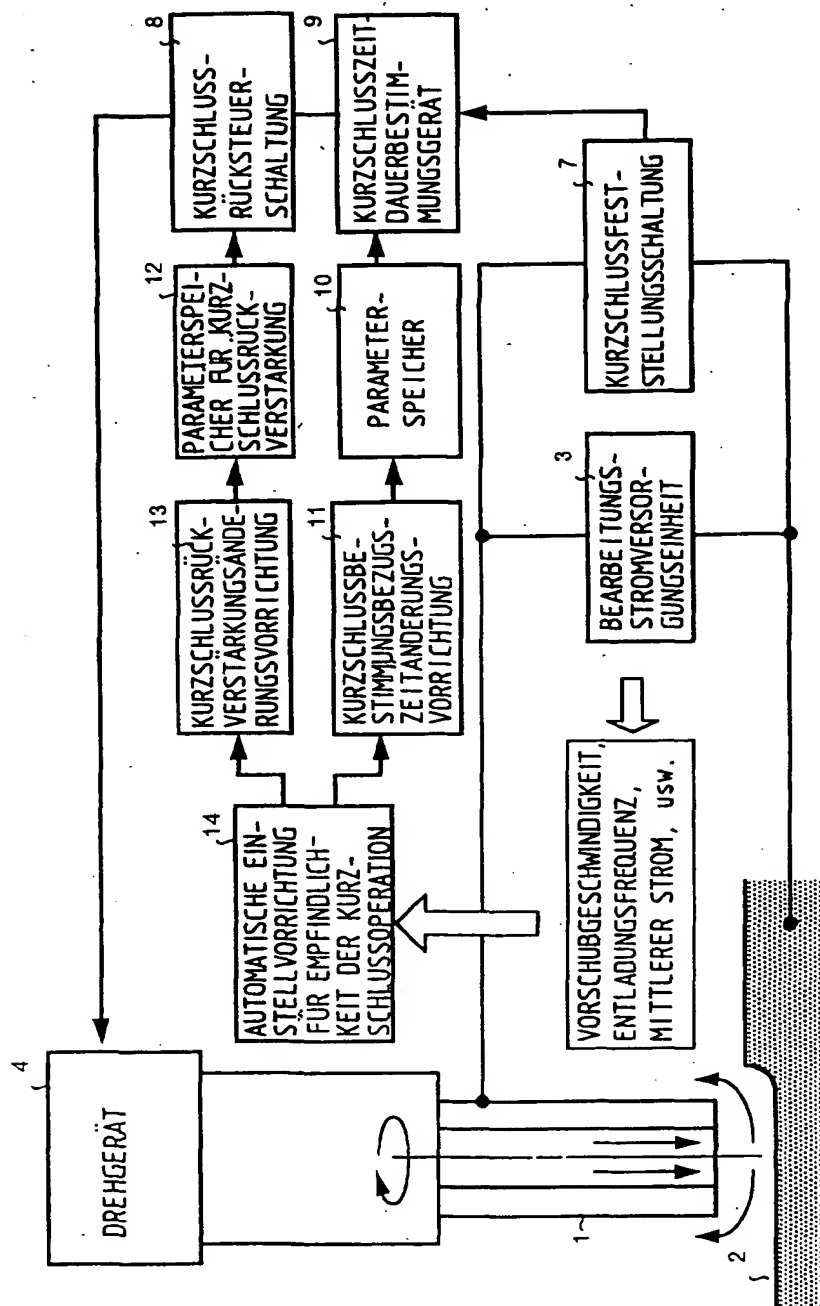


FIG.8

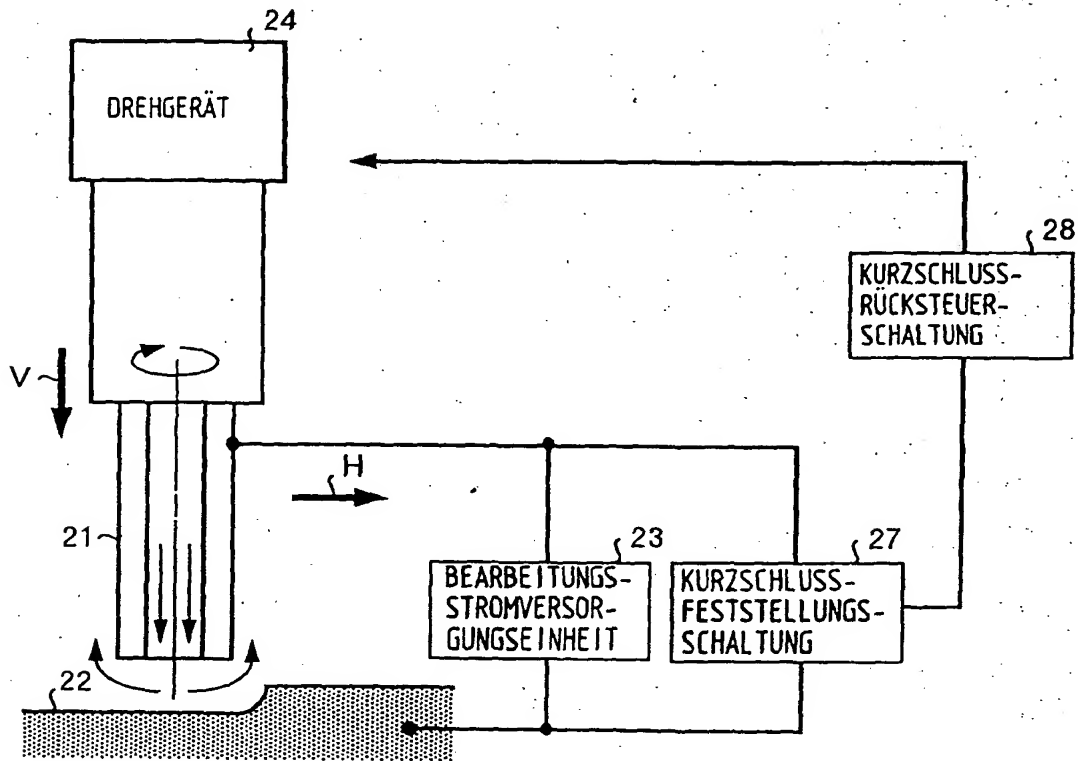


FIG.9A

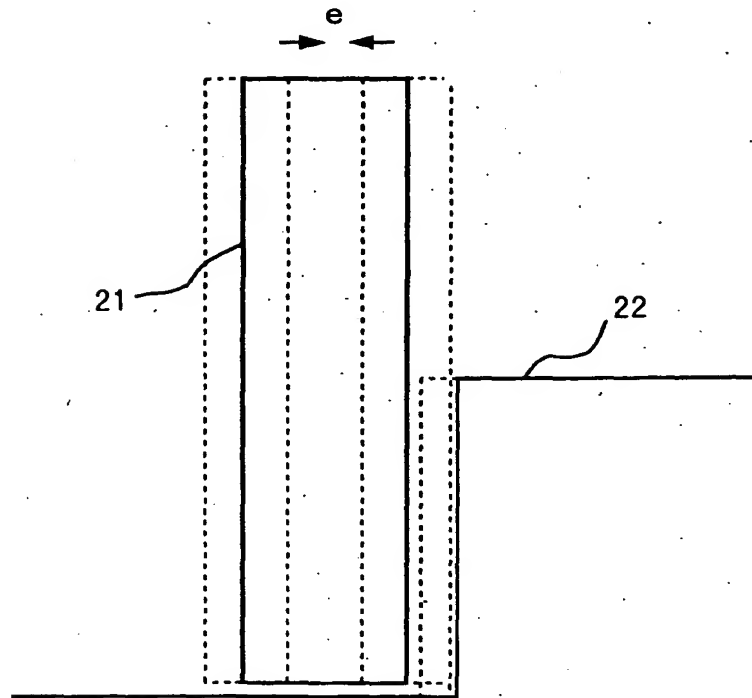


FIG.9B

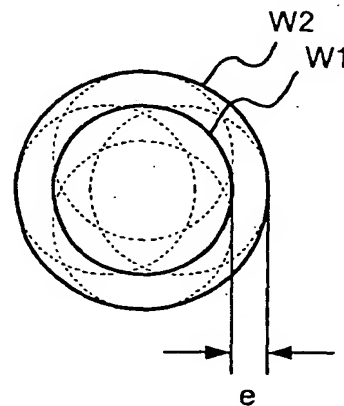


FIG.10

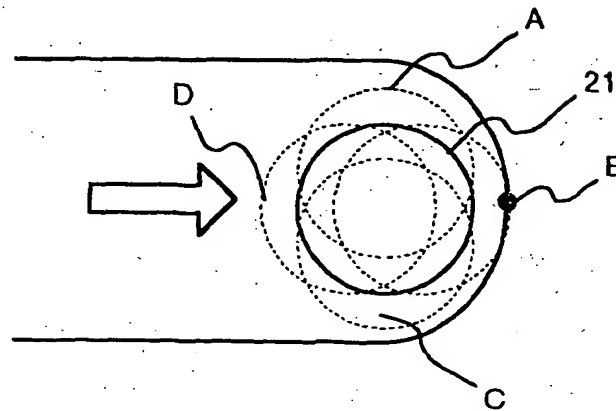


FIG.11

